

相似地震の波形解析による岩手山周辺の地殻構造の 時間変化に関する研究

著者	山脇 輝夫
号	48
学位授与番号	2182
URL	http://hdl.handle.net/10097/39227

氏 名・（本 籍）	やま わき てる お 山 脇 輝 夫
学 位 の 種 類	博 士（理 学）
学 位 記 番 号	理 博 第 2 1 8 2 号
学位授与年月日	平 成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研 究 科，専 攻	東北大学大学院理学研究科（博士課程）地球物理学専攻
学 位 論 文 題 目	相似地震の波形解析による岩手山周辺の地殻構造の時間変化に関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 五十嵐 丈 二 教 授 長谷川 昭，佐 藤 春 夫 助教授 植 木 貞 人，西 村 太 志

論 文 目 次

第1章 序論

- 1.1 地震学的構造の時間変化に関するこれまでの研究
- 1.2 岩手山周辺の地震・火山活動
- 1.3 本研究の目的

第2章 相似地震データ

- 2.1 地震観測の概要
- 2.2 相似地震の抽出
- 2.3 相似地震の活動の特徴

第3章 相互相関解析による構造の微小な変化の検出

- 3.1 はじめに
- 3.2 相互相関係数の計算
- 3.3 相互相関係数の空間分布
- 3.4 相互相関係数の時間変化
- 3.5 相互相関係数の方位依存性
- 3.6 相互相関係数のまとめ

第4章 地震波速度の時空間変化の検出

- 4.1 はじめに
- 4.2 速度変化率の計算法
- 4.3 地震波速度変化率の時間変化
- 4.4 地震波速度変化率の方位依存性

4.5 地震波速度変化率のまとめ

第5章 議論

- 5.1 地殻構造の変化した領域
- 5.2 地殻構造の変化した時間
- 5.3 P波とS波の解析結果の比較
- 5.4 人工地震探査の結果との比較

第6章 結論

参考文献

論文内容要旨

マグマの上昇や大地震の断層運動等によって生じる火山体や地殻の構造の変動は、GPS や歪計・傾斜計等による測地学的手法により捉えられ、その変動源に関する時空間分布が近年精度よく求められるようになってきた。しかし、地震や火山活動に伴う、地殻内部の微小なクラックの形成や火山性流体の浸透等による移動等、非常に小さな変動については、構造により敏感な短周期の地震波を用いることが必要である。特に、数%以下の地震波速度の変化等の微小な地殻構造の変動を捉えるためには、同一箇所から同一の地震波を励起する震源、つまり、人工地震源や、同じ断層が滑ることにより繰り返し同じ地震波を励起する相似地震を利用することが必要である。

東北地方に位置する岩手山は、1998年に低周波地震や火山構造成地震の活動が活発化し、顕著な地殻変動が観測された。同年9月3日にはマグニチュード6.1の地震が岩手山南西部で発生した。1999年以降は、鬼ヶ城カルデラ西側での噴気活動が活発化し、樹木の立ち枯れ等が観測されている。これらの活動に関連して、繰り返し行われた人工地震探査により、1998年8月と11月の間に、最大1%の地震波速度の低下が岩手山南西部の地殻構造であったことが報告されている(Nishimura et al., 2000b)。しかしながら、この人工地震探査の結果だけでは、M6.1の地震発生とすでに始まっていた岩手山の火山活動でどちらがより構造に変化を及ぼしたかを明らかにすることは難しい。また、岩手山の南西部以外の領域は、地震波信号が小さく、結果は得られていないため、どの領域で構造の変化が起きたのかまだ明らかとなっていない。

そこで、本研究では、東北日本の太平洋沈み込み帯で多数発生する相似地震を用いて、岩手山周辺の構造で変化した領域を地震学的に調べる。本研究は、地震・火山活動の前から記録されている多数の相似地震グループのデータを系統的に解析する点、対象地域からやや離れた震源を利用しP波とS波の2つの波をもとに構造を調べるという点、同地域ですでに実施されている人工地震の結果と比較できるという点で特に新しい。本研究では、1995年から2002年までに発生した相似地震の中から、S/N比や震源の同一性に関して厳しい選択条件を満たす相似地震47グループの392ペアを解析した。そして、P波初動から5秒間とS波初動から5秒間の波形について、短波長不均質構造の時間的変化に関する相互相関係数を計算した。また、波形の位相差を求め、地震波速度の変化率を推定した。

相互相関係数を岩手山の近傍と周辺の合計30観測点で調べた結果、解析した相似地震の震源からほぼ同一の地震波が励起されていることを示すように、ほとんどの観測点でP波とS波の相互相関係数の平

均値は 0.97 ± 0.01 の高い値を示した。しかし、岩手山の南西山麓に位置するIKG 観測点の相互相関係数の平均値はS波で0.88, P波で0.93を示し、他の観測点に比べて著しく小さい値を示す。また、S波では、0.9を下回る低い相関を示す相似地震ペアが多く観測されている。IKG 観測点よりやや南西に位置するGNB 観測点においても、S波とP波の平均値はそれぞれ0.95と0.97であり、他の観測点に比べて小さいことがわかった。時間的な変化を調べるために、発生間隔が0.5年から1.5年の相似地震ペアに着目し、各観測点の相互相関係数を調べると、IKGとGNB 観測点では、1998年を挟んで発生している相似地震ペアのデータは、0.9を下回る低い相互相関係数値を示すものが多く観測された。また、1年ごとの相互相関係数の最大値は1998年に低下する。2000年以降、IKG 観測点の相互相関係数は若干回復する傾向も認められる。地震波速度の変化率を調べるために、3つ以上のイベントを含む相似地震グループから相似地震ペアを選び、その波形にクロススペクトル・ムービングウィンドウ法(Poupinet et al., 1984)を適用した。P波とS波のそれぞれについて地震波速度の変化率を推定した結果、多くの観測点の変化率が ± 0.2 に収まっているのに対して、岩手山南西部に位置する3つの観測点では負の変化率が推定された。IKG 観測点では、1998年から1999年を挟んで発生する相似地震ペアの多くが速度変化率 -0.3% 以下を示し、地震波速度が低下していることがわかった。また、同じ期間に、GNB 観測点の他にM6.1の地震断層の南端に位置するHSB 観測点でも -0.2% 以下の変化率を示す相似地震ペアが認められた。人工地震探査の結果(Nishimura et al., 2000b)に比べて、今回推定された変化率の大きさはやや小さい。この原因としては、相似地震による解析はやや遠方で発生した地震を使用しているためやや深い領域を見ていること、また、人工地震ではP波、S波とともに表面波も一緒に解析していることが挙げられる。

相互相関係数と地震波速度の変化率を低下させた領域を明らかにするために、両パラメータと解析した相似地震の直達波の波線経路を比較した。その結果、岩手山南西部のIKGとGNB 観測点では、東から入射する地震波に対して相互相関係数や速度変化率が低下したものが多くあることがわかった。また、岩手山の北に位置するMTK 観測点、北東のYKB 観測点、南東のANS 観測点、やや離れた南のIWT 観測点では、いずれも顕著な変化は記録されていない。この結果に合わせて、1998年の岩手山の活動を考慮すると、岩手山で観測された火山性地震の震源や貫入ダイク・球状圧力源の位置を含む岩手山の火山体の構造が時間的に変化すると推定された。また、M6.1の地震断層の南端に位置するHSB 観測点では相互相関係数の低下は認められないのに対し、地震波速度の若干の低下が検知されている。このことは、相互相関係数の低下はM6.1の地震発生よりも岩手山の火山活動の影響をより受けていることを示唆する。さらに、比較的発生頻度の高い相似地震グループに着目すると、相互相関係数と速度変化率は1998年4月のデータですでに低下を示すものがある。このことは、M6.1の地震発生前に岩手山の火山活動によって構造が変化していたことを示す。

どのような構造の特性が変化したかを調べるために、P波とS波の結果を比較した。相互相関係数は、ほとんどの観測点のP波とS波の差が ± 0.01 に収まっているのに対して、IKG 観測点やGNB 観測点ではS波がP波に比べて0.02-0.04小さい。また、速度変化率もS波の方がP波よりも大きい傾向がみられる。以上から、構造の時間変化を示した岩手山付近の構造では、S波がより影響を受ける地震学的構造、すなわち剛性率が変化したものと考えられる。

本研究は、岩手山の周辺の地震発生や火山活動により、火山体や地殻内の構造が短いスケールで微小に変化し、地震波速度も1%未満という非常にわずかな量だけ低下したことを詳細な波形解析により明らかにしたものである。本研究の結果は、色々な地域の地震・火山活動に伴う地殻構造の微小な変動を捉えることにより、地殻構造の変動の実体ばかりでなく地震・火山活動に関する新しい知見をもたらす可能性が大きいことを示している。

論文審査の結果の要旨

微小クラックの形成や火山性流体の浸透による地殻構造の変化を検知することは、地震・火山活動を理解する上で極めて重要である。このような微小な構造の変化を検知するためには、震源から励起される地震波が同一であることが不可欠である。そのため、ダイナマイト爆破による人工震源や同一の断層により繰り返し発生する相似地震を利用した研究がこれまでいくつかなされてきたが、使用した震源の数も少なく、時空間的に広範囲に調べた研究はほとんどなされていない。山脇輝夫提出の博士論文は、東北地方の太平洋沈み込み帯で多数発生する相似地震を系統的に解析することにより、1998年に活発な火山活動を示した岩手山周辺の地殻構造の時間変化を調べたものである。

震源から同一の地震波が励起されていることを満たすように、相似地震の選択には厳しい条件を課し、1995年から2002年までの7年間に発生した相似地震から、合計392組の相似地震の組み合わせを得た。そして、岩手山周辺の30観測点で観測された異なる時期に発生した2つの相似地震のP波とS波それぞれについて、相互相関係数と波形の位相差を計算し、構造の局所的変化と平均的な地震波速度変化を調べた。その結果、岩手山南西山麓に位置する観測点のみで、相互相関係数が1998年以降に小さくなること、P波に比べてS波に顕著な低下が認められること、また、地震波速度は1998年以降にP波とS波でともに0.2%を越える減少を示したことが明らかとなった。これらの観測点の近傍では、1998年に活動が活発化した火山性地震の震源やダイク・火山性球状圧力源が位置している。さらに、同年9月3日にはマグニチュード6.1の地震が発生している。これらの事実から、本解析で認められた相互相関係数の変化や地震波速度の減少は、岩手山周辺の地震・火山活動によるクラックの生成や火山性流体の浸透、及び地震断層による応力場の変化によって生じていると推察された。

本論文の内容は、これまでにない多数のデータを系統的に解析し、長期にわたる岩手山周辺の地殻構造の微小な変化をはじめて明らかにしたものであり、提出者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。したがって、山脇輝夫提出の博士論文は、博士（理学）の学位論文として合格と認める。